



PYSÄKÖINTIHALLIN MÄÄ- RÄLASKENTA JA RUNKO- RATKAISUT

TEKIJÄ/T: Jaakko Mikael Hukkanen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Jaakko Mikael Hukkanen	
Työn nimi Pysäköintihallin määrälaskenta ja runkoratkaisut	
Päiväys 22.4.2014	Sivumäärä/Liitteet 25/3
Ohjaaja(t) 1. ohjaaja Kimmo Anttonen, 2. ohjaaja Harry Dunkel	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Peab Oy, Kuopio, Petteri Murtonen, Juha Kuparinen	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli laskea Kuopion Lehtoniemeen tulevan pysäköintihallin materiaalmäärät toimeksiantajalle Peab Oy:lle. Lisäksi työssä oli tavoitteena tehdä kustannuslaskenta, sekä vertailla kolmea eri runkoratkaisua. Vertailtavat runkoratkaisut olivat jälkijännitetty betonirunko, esijännitetty elementtirunko sekä ontelolaatoista tehty elementtirunko.</p> <p>Työ toteutettiin laskemalla arkkitehtipiirustuksista rakennuksen materiaalmäärät. Määrälaskenta toteutettiin Excel-ohjelmaa apuna käyttäen. Myös kustannuslaskelmat tehtiin Excel-ohjelmalla, jolloin saatiin yhtenäiset sekä selkeät taulukot, joita voidaan vertailla.</p> <p>Työn tuloksena olivat vertailukelpoiset taulukot, joista voidaan nähdä kunkin runkoratkaisun materiaalienekit ja kustannukset. Näistä taulukoista voidaan vertailla, mikä runko vaihtoehto on edullisen rakentaa. Lisäksi työstä saatiin vertailuja tehdessä apuna käytettävä dokumentti, josta voidaan nähdä mitä asioita tulee huomioida ja mitkä asiat muuttuvat runkoratkaisua valittaessa.</p>	
Avainsanat Pysäköintihalli, Määrälaskenta, runkoratkaisu, jälkijännitetty, esijännitetty, ontelolaatta	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Construction Management			
Author(s) Jaakko Mikael Hukkanen			
Title of Thesis Parking garage quantity survey and frame solutions			
Date	22 April 2014	Pages/Appendices	25/3
Supervisor(s) Mr Kimmo Anttonen, Lecturer Mr Harry Dunkel, Lecturer			
Client Organisation /Partners Mr Petteri Murtonen and Mr Juha Kuparinen, Peab Oy			
<p>Abstract</p> <p>The aim of the thesis was to count the material quantities to a parking garage for Peab Oy which will build the parking garage to Kuopio's Lehtoniemi. Another aim was to do calculation of costs and compare three different frame solutions with each other including a post-tensioned concrete frame, a fore-tensioned prefabricated concrete element frame and a frame which is made of prefabricated concrete elements using hollow-core slab.</p> <p>The thesis was made by counting the material from the architect's blueprints. The quantity survey was made by using Excel -program. Cost calculations were also made by using Excel -program in order to get uniform, clear and comparable matrixes.</p> <p>As a result of the thesis were comparable matrixes with material quantities and material costs for each frame solution. With the help of the matrixes it is easy to compare which frame solution is the cheapest to build. In addition, a document showing the matters that need to be taken into account was created. The document shows the factors that will change when choosing between the different frame solutions.</p>			
Keywords parking garage, quantity survey, frame solution, post-tension, fore-tension, hollow-core slab			

Haluan kiittää opinnäytetyöstä Juha Kuperista, joka antoi minulle työn aiheen sekä Petteri Murtosta työn ohjauksesta yrityksen puolelta. Lisäksi haluan kiittää Opinnäytetyön 1. ohjaajaa Kimmo Anttosta hyvästä ja kärsivällisestä ohjauksesta.

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
1.1	Taustat ja tavoitteet.....	6
1.2	Toimeksiantaja	6
2	MÄÄRÄLASKENTA.....	8
2.1	Määrälaskennan periaate.....	8
2.2	Jälkijännitetyn rungon määrät.....	8
2.3	Esijännitetyn rungon määrät.....	10
2.4	Elementtirungon määrät.....	11
3	RUNKOJEN ASENNUSPERIAATTEET	13
3.1	Jälkijännitetty runko.....	13
3.2	Esijännitetty runko kuorilaatoista	14
3.3	Elementtirunko ontelolaatoista.....	16
4	RUNKORATKAISUJEN VERTAILU	18
4.1	Jälkijännitetty runko.....	18
4.1.1	Edut ja hyödyt	18
4.1.2	Haitat ja heikkoudet	18
4.2	Esijännitetty runko kuorilaatoista	19
4.2.1	Edut ja hyödyt	19
4.2.2	Haitat ja heikkoudet	20
4.3	Elementtirunko ontelolaatoista	21
4.3.1	Edut ja hyödyt	21
4.3.2	Haitat ja heikkoudet	22
5	LOPPUTULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET	23
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	25
	LIITE 1: MÄÄRÄLASKENTATAULUKKO	26

1 JOHDANTO

1.1 Taustat ja tavoitteet

Opinnäytetyön kohteena toimii pysäköintihalli, joka rakennetaan lähivuosina Kuopion Saaristokaupungin Lehtoniemeen. Kohde toimii kolmen kerrostalon pysäköintialueena, joista yksi on rakenteilla ja kahta muuta aloitetaan rakentamaan myöhemmin. Kohteeseen tulee 92 pysäköintipaikkaa ja 2 vieraspaikkaa. Kohteen kokonaisala on 3 466 m². Pysäköintihalliin tulee kolme pysäköintitasoa, joista yksi on maanalainen. Pysäköintihalli rakennetaan avoimeksi, jolloin pysäköintihallista saadaan mahdollisimman edullinen. Pysäköintihallin julkisivu tehdään pääsääntöisesti rutilästä, jolloin palomääräysten vaatimus savunpoistosta tulipalotilanteessa toteutuu. Rutilä tuo myös näyttävyyttä rakennukselle, jolloin se asettuu korttelikuvaan, eikä näin ole vain massiivinen betonibunkkeri. Kohteen kaikki pysäköintipaikat ovat katettuja. Kohteen yhteyteen tulevat myös asunrakennusten ulkoiluvälinevarastot sekä jätetila.

Opinnäytetyön tavoitteena on vertailla eri runkoratkaisuja. Tavoitteena on saada selville minkälaisella rungon toteutusmenetelmällä, saadaan kustannustehokkain pysäköintihalli, jossa rungon kustannukset pysyvät alhaalla samoin kuin ne rakenneosat, joihin rungon toteutustapa vaikuttaa. Pysäköintihallin rakenne pyritään aina tekemään vesitiiviiksi, jolloin vesi ei pääse läpäisemään pintakerrosta ja täten vaurioittamaan rakennetta.

Tässä opinnäytetyössä vertaillaan kolmea eri ratkaisua pysäköintihallin vesitiiveyden toteuttamiseen. Ensimmäinen on jälkijännitetty betonirakenne, jossa vesitiiveys saavutetaan rakenteen kasaan puristamalla. Toinen on esijännitetty betonirakenne, jonka vesitiiveys tehdään puristamalla pinta kasaan laatan omalla sekä käytönaikaisella painolla. Kolmas on elementtirakenne, jossa rakenne suojataan erikseen tehtävällä vedeneristyksellä. Lisäksi opinnäytetyönä tehdään kustannusvertailu kaikkien runkoratkaisujen välillä, mutta sitä ei julkaista opinnäytetyössä toimeksiantajan pyynnöstä.

Opinnäytetyössä tehdään määrälaskenta ja runkoratkaisuvertailua. Määrälaskenta toteutetaan Excel-taulukolla, jolloin saadaan selkeät taulukot, joita tulkita ja vertailla. Runkoratkaisuja vertaillessa apuna käytetään kirjallista aineistoa sekä koulussa opittua tietoa.

1.2 Toimeksiantaja



Toimeksiantajana toimii Peab Oy:n Kuopion aluetoimisto. Työn aiheen sain aluepäälliköltä Juha Kupariselta.

Peab Oy on lähtöisin Ruotsista, jossa se on perustettu vuonna 1959. Aluksi yhtiö toimi jätekuljetusten ja maatalouskoneiden parissa, mutta myöhemmin siitä tuli rakennusyhtiö. Vuonna 1999 Peab Oy

rantautui Suomeen. Heti Suomeen rantautumisen jälkeen Peab Oy osti korjausrakentamiseen keskittyneen yrityksen Leo Heinänen Oy:n. Vuonna 2003 Peab teki Suomessa keskisuuren yrityskaupan ostamalla pohjalaisen Seicon Oy:n. (Peab.fi.)

Peab Oy:n toiminta on jakautunut Suomessa neljään eri tytäryhtiöön:

- **Peab Oy**, joka toimii asunto- ja liikerakentamisen alalla.
 - **Peab Invest Oy**, joka toimii kiinteistökehitysalalla.
 - **Peab Infra Oy**, joka toimii kaikilla maarakentamisen aloilla sekä kunnallistekniikan alalla.
 - **Peab Industri Oy**, joka toimii valmisbetonin toimittajana ja valmistajana.
- (Peab.fi.)

Peab Oy aloitti toimintansa Kuopiossa Keväällä 2011, jolloin Matkukseen tulleen Ikean maanrakennustyöt alkoivat. Ikean jälkeen Peab jatkoi Kuopiossa toimintaa asuntorakentamisella Kuopion Saa-ristokaupunkiin, johon kyseisen opinnäytetyön kohde myös tulee.

2 MÄÄRÄLASKENTA

2.1 Määrälaskennan periaate

Määrälaskennan tarkoitus on selvittää hankkeen tai kohteen materiaalmäärät. Tavoitteena on saada selville tarkat määrät, jotta kohteen tai urakan hinnoittelu onnistuu ja voidaan tehdä tulosta, eikä talous pääse karkaamaan käsistä. Määrien laskennassa tärkeintä on johdonmukaisuus ja se, että muistaa merkitä ylös ne asiat, jotka ovat jo laskettu ja huomioitu.

Määrälaskentaa tehtäessä on hyvä tehdä selkeä jako mistä laskeminen aloitetaan. Työssä oli tavoitteena laskea materiaalmäärät, joten aloitin laskemalla rungon materiaalit ensin anturoista vesikattoon. Tämän jälkeen laskin täydentäviä rakenteita ja julkisivumateriaaleja. Määrälaskennassa on myös tärkeää se, että laskee kaikki rakenneosat edes jollain oletuksella, jolloin kaikki osat tulee huomioitua. Oletus on hyvä merkitä ylös, jolloin jälkikäteen niiden muuttaminen käy helposti. Yksikin pois jäävä rakenneosa voi olla suuri tappio rakennuksen toteutusvaiheessa.

Kyseisen työ laskettiin arkkitehtikuvien ja rakennussuunnittelijan luonnoksen perusteella. Tässä vaiheessa materiaalivalintoja voidaan vielä muuttaa, joten muutoksien mahdollisuus koskee materiaaliratkaisuja ja muita rungon ulkopuolella olevia osia. Tällöin on hyvä merkitä millä materiaalioletuksella määrät on laskettu, jolloin asia on helposti muutettavissa. Tällöin ei tarvitse pohtia, kuinka kyseinen asia on huomioitu.

2.2 Jälkijännitetyn rungon määrät

Rungon määriä esiteltäessä tässä opinnäytetyössä on pyrittävä rajamaan merkittävimmät osat alueet, joilla on suuria taloudellisia merkityksiä. Työssä ei huomioida pieniä yksittäisiä rakenneosia, koska pienen määrän takia niiden vähäiset muutokset eivät vaikuta taloudelliseen lopputulokseen. Kuitenkin kyseiset asiat pyritään ottamaan esille lopputuloksissa ja johtopäätöksissä.

Taulukko 1. Jälkijännitetyn betonirungon määrät (Hukkanen, 2014)

PERUSMUURIT, PERUSPILARIT JA PERUSPALKIT		
MP-seinät, -1.krs h=4,5-5,5m, b=200mm, suurmuottityö, purku ja puhdistus	1 454	m2
Raudoitus A 500 HW, 2x#8-150 (2x5,4kg/m2)	8 987	kg
Betonointi K45-1, XC4, XF3???	146	m3
MP-seinien jälkityö, yhdeltä puolelta	727	m2
Vedeneristys/patolevy, maataavasten oleviin MP-seiniin, ulkokierrot	480	m2
Vedeneristeen suoja EPS120 50mm	480	m2
RUNKO- JA VESIKATTORAKENTEET		
KANTAVAT SEINÄT JA PILARIT		
Muottityö, Pilarit -1.krs (h=3,5m) ja 1.krs (h=2,5m), purku+puhdistus	346	m2
Raudoitus A 500 HW, Pilarit, T32 8kpl, U-haati T8 k100, -1.krs ja 1.krs, sis. Tart. 4T16 l=1,2m, ylemmän kerroksen raudituksen kevennys huomioitu	10 259	kg
Betonointi K50-1, Pilarit -1.krs ja 1.krs, XC4, XF1???	40	m3
Pilarien betonipintojen jälkityöt	346	m2
LAATAT JA PALKIT		
Laatat		
Muottityö jälkijännitetty betonilaatta, 1.krs ja 2.krs, purku+puhdistus	1586	m2
Reunamuotti, 1.krs ja 2.krs, sis. Luiskan, purku+puhdistus	250	jm
Raudoitus A 500 HW, n.6,5kg/m2 1.krs ja 2.krs	13604,5	kg
Teräspunosta, 1.krs ja 2.krs	3520	jm
Betonointi 1.krs ja 2.krs, K50-1 XC4, XF3, XD1???	328	m3
Betonipintojen hierto	1820	m2
Betonipintojen jälkityöt	1820	m2
Luiskat		
Muottityö luiskan jälkijännitetty betonilaatta, 1.krs, purku+puhdistus	202	m2
Luiskan raudoitus A 500 HW, 6,5kg/m2	1509,95	kg
Luiskan teräspunokset	462	jm
Luiskan Betonointi, K50-1 XC4, XF3, XD1???	37	m3
Luiskan betonipintojen hierto	202	m2
Luiskan betonipintojen jälkityöt	202	m2
Palkit		
Palkkien muottityö, purku+puhdistus	458	m2
Palkkien raudoitus	13915	kg
Palkkien teräspunokset	4300	jm
Palkkien betonointi	76	m3
Betoniseinät		
Betoniseinien Suurmuottityö, rungon seinät, purku+putsaus	260	m2
Raudoitus A 500 HW, #8-150x2 (5,4kg/m2x2)	1610	kg
Betoniseinien Betonointi, K45-1, XC4, XF1???	26	m3
Betonipintojen jälkityöt	260	m2
Julkisivu		
Julkisivu ritilä	488	m2
Ritilän kantava teräsrunko	488	m2
JS-levy	310	m2
LS-levyn kantava teräsrunko	310	m2

Taulukossa 1 on laskettuna suunnitelmien mukaiset määrät, jolla kyseinen kohden on toteutumassa.

Betonien lujuuksista voi huomata, että laskenta on tehty arvioinnilla ja että kustannuksia laskiessa

tulee ottaa selvää, minkälaisella betonilla mikäkin rakenneosa valetaan. Betonin hinnoissa on suuria eroja, kun tavallisesta sisätilan betonista siirrytään kestävään ulkotilan betoniin, jonka pitää kestää myös suolarasitusta.

2.3 Esijännitetyn rungon määrät

Taulukko 2. Esijännitetyn rungon materiaalmäärät (Hukkanen, 2014)

PERUSMUURIT, PERUSPILARIT JA PERUSPALKIT		
MP-seinät, -1.krs h=4,5-5,5m, b=200mm, suurmuottityö, purku ja puhdistus	1 514	m2
Rauditus A 500 HW, 2x#8-150 (2x5,4kg/m2)	9 404	kg
Betonointi k 45-1, XC4, XF3???	152	m3
MP-seinien jälkityö, yhdeltä puolelta	757	m2
Vedeneristys/patolevy, maata vasten oleviin MP-seiniin, ulkokierrot	502	m2
Vedeneristeen suoja EPS120 50mm	502	m2
RUNKO- JA VESIKATTORAKENTEET		
KANTAVAT SEINÄT JA PILARIT		
Muottityö, Pilarit -1.krs (h=3,5m) ja 1.krs (h=2,5m), purku+puhdistus	560	m2
Rauditus A 500 HW, Pilarit, T32 8kpl, U-haati T8 k100, -1.krs ja 1.krs, sis. Tart. 4T16 l=1,2m, ylemmän kerroksen raudituksen kevennys huomioitu	10 259	kg
Betonointi k 50-1, Pilarit -1.krs ja 1.krs, XC4, XF1???	40	m3
Pilarien betonipintojen jälkityöt	346	m2
LAATAT JA PALKIT		
Laatat		
Kuorilaattoja h=120mm	1586	m2
Kuorilaattojen tuenta	1586	m2
Reunamuotti, 1.krs ja 2.krs, sis. Luiskan, purku+puhdistus	250	jm
Rauditus A 500 HW, n.6,5kg/m2 1.krs ja 2.krs	13604,5	kg
Teräspunosta, 1.krs ja 2.krs	3520	jm
Betonointi 1.krs ja 2.krs, K45-1 XC4, XF3, XD1???	174,46	m3
Betonipintojen hierto	1820	m2
Betonipintojen jälkityöt	1820	m2
Luiskat		
Kuorilaattoja h=120mm	202	m2
Luiskan rauditus A 500 HW, 6,5kg/m2	1509,95	kg
Luiskan teräspunokset	462	jm
Luiskan Betonointi, K45-1 XC4, XF3, XD1???	23	m3
Luiskan betonipintojen hierto	202	m2
Luiskan betonipintojen jälkityöt	202	m2
Palkit		
Palkkien muottityö, purku+puhdistus	560	m2
Palkkien rauditus	13915	kg
Palkkien teräspunokset	4300	jm
Palkkien betonointi	112	m3
Betoniseinät		
Betoniseinien Suurmuottityö, rungon seinät, purku+putsaus	279	m2
Rauditus A 500 HW, #8-150x2 (5,4kg/m2x2)	1725	kg
Betoniseinien Betonointi, K45-1, XC4, XF1???	28	m3
Betonipintojen jälkityöt	279	m2
Julkisivu		
Julkisivu ritilä	524	m2
Ritilän kantava teräsrunko	524	m2
JS-levy	337	m2
LS-jevyn kantava teräsrunko	337	m2

Kyseisessä taulukossa määrät on laskettu siten, että laatan rakenne on muutettu kuorilaatoiksi. Samalla palkkeja on korotettu, koska ne tehdään elementteinä ja tarvitsevat suuremman paksuuden verrattuna paikalla valettuun. Kuorilaatan paksuus 120 mm ja päälle tuleva pintavalun paksuus 110 mm. Yhteensä rakenteen korkeus muuttuu +230 mm/ kerros. Täten julkisivun korkeus muuttuu +460 mm. Tämä muutos vaikuttaa julkisivumateriaaleihin ja betoniseiniin. Taulukosta 2 huomataan, että paikalla valettavien betonilaattojen määrät vähenee ja muotitustyö poistuu, koska kuorilaatta toimii muottina. Tilalle tulee kuorilaattaelementit ja niiden tuentakalusto.

2.4 Elementtirungon määrät

Taulukko 3. Elementtirungon määrät (Hukkanen, 2014)

PERUSMUURIT, PERUSPILARIT JA PERUSPALKIT		
MP-seinät, -1.krs h=4,5-5,5m, b=200mm, suurmuottityö, purku ja puhdistus	1 585	m2
Raudoitus A 500 HW, 2x#8-150 (2x5,4kg/m2)	9 842	kg
Betonointi k 45-1, XC4, XF3???	159	m3
MP-seinien jälkityö, yhdeltä puolelta	793	m2
Vedeneristys/patolevy, maata vasten oleviin MP-seiniin, ulkokierrot	528	m2
Vedeneristeen suoja EPS120 50mm	528	m2
RUNKO- JA VESIKATTORAKENTEET		
KANTAVAT SEINÄT JA PILARIT		
Muottityö, Pilarit -1.krs (h=3,5m) ja 1.krs (h=2,5m), purku+puhdistus	346	m2
Raudoitus A 500 HW, Pilarit, T32 8kpl, U-haati T8 k100, -1.krs ja 1.krs, sis. Tart. 4T16 l=1,2m, ylemmän kerroksen raudituksen kevennys huomioitu	10 259	kg
Betonointi k 50-1, Pilarit -1.krs ja 1.krs, XC4, XF1???	40	m3
Pilarien betonipintojen jälkityöt	346	m2
LAATAT JA PALKIT		
Laatat		
Ontelolaatta P40	1586	m2
Reunamuotti, 1.krs ja 2.krs, sis. Luiskan, purku+puhdistus	250	jm
Ontelolaatta saumavalu, K35	28	m3
Tasausvalu K35, n. 50mm	91	m3
Vedeneristyskermi 3-kerroksinen	1586	m2
Pintavalu K40, n. 50mm	91	m3
Betonipintojen hierto, molempien valukertojen pinnan hierto	3640	m2
Betonipintojen jälkityöt	3640	m2
Luiskat		
Ontelolaatta P40	202	m2
Ontelolaatan saumavalu	3,03	m3
Tasausvalu K35, n. 50mm	10,1	m3
Vedeneristyskermi 3-kerroksinen	202	m2
Pintavalu K40, n. 50mm	10,1	m3
Luiskan betonipintojen hierto	404	m2
Luiskan betonipintojen jälkityöt	404	m2
Palkit		
Palkkien muottityö, purku+puhdistus	560	m2
Palkkien raudoitus	13915	kg
Palkkien teräspunokset	4300	jm
Palkkien betonointi	112	m3
Betoniseinät		
Betoniseinien Suurmuottityö, rungon seinät, purku+putsaus	300	m2
Raudoitus A 500 HW, #8-150x2 (5,4kg/m2x2)	1864	kg
Betoniseinien Betonointi, K45-1, XC4, XF1???	30	m3
Betonipintojen jälkityöt	300	m2
Julkisivu		
Julkisivu ritilä	567	m2
Ritilän kantava teräsrunko	678	m2
JS-levy	356	m2
JS-levyn kantava teräsrunko	356	m2

Ontelolaattarungossa lisätöitä teettää vedeneristyskerroksen teko. Ontelolaataston saumojen valun jälkeen täytyy tehdä tasainen kerros, jonka päälle vedeneristyskerros tehdään. Tämän jälkeen vedeneristyskerros on suojattava autonrenkaiden mekaaniselta kulutukselta, jotta rakenne pysyy toimintakuntoisena pitkään. Taulukosta voidaan myös todeta, että julkisivu materiaalin määrä kasvaa paljon verrattuna paikalla valettuun rakenteeseen.

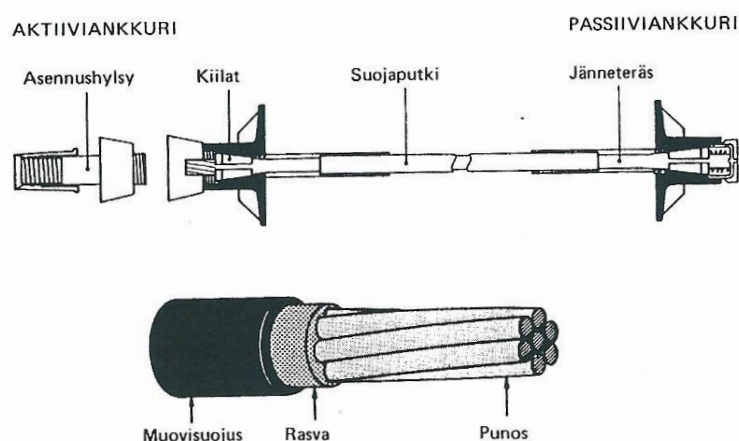
3 RUNKOJEN ASENNUSPERIAATTEET

3.1 Jälkijännitetty runko

Jälkijännitetty betonirunko on yksi vaikeimmista rakenteista rakennusurakoissa. Niitä ei tehdä, eikä myöskään kannata tehdä jokaiseen kohteeseen, koska rakenteiden jännitys on erikoisala ja täten se on myös kallista. Jälkijännitettävän rakenteen tulee olla riittävän laaja, jotta se kannattaa tai rakenne ei ole muuten toteutettavissa. Kun rakenne on laaja, voidaan käyttää suuria muottikalustoja ja töiden toistuvuudesta kertyvä harjaantumien nopeuttaa työn tekemistä ja tällöin sen kannattavuus kasvaa. (Aho, Vuorinen, Vuori, Pahkala ja Vuorinen 2005, 10 - 11.)

Jälkijännitettyssä rakenteessa rakenteen jäykkyys ja kantavuus perustuu työmaalla jännitettyihin teräspunoksiin. Toisin kuin elementtitehtaassa, jossa tilat on kehitetty kyseisien tuotteiden valmistusta varten, työmaalla tilanne on toinen. Jokainen työmaa on erilainen, joka tuo haasteen jännitystä tekevälle työporukalle. Jälkijännitetyn rakenteen työvaiheet alkavat muotittamisesta. Haluttu rakenteen muoto muotitetaan, jonka jälkeen rakenne raudoitetaan. Rakenteessa on yleensä sekä staattisia raudoituksia, että jälkijännitettäviä teräspunoksia. Suomen työmailla terästen jännitystä tehdään kahdella yleisimmin käytössä hyväksi todetulla tavalla. Ensimmäistä tapaa kutsutaan ankkurijännitykseksi. Ankkurijännityksessä teräspunoksille tehdään varaukset putkilla. Kun betonivalun jälkeen betoni on kovettunut, punokset pujotetaan putkien lävitse, toinen päistä kiilataan ja toinen pää kiristetään ja kiilataan tämän jälkeen. Tämän jälkeen putkissa jäävä tyhjä tila injektoidaan sementillä korroosion estämiseksi. (Henri Lassila, 2011, 4.) Tällöin syntyy kestävä jälkijännitetty rakenne. Kyseistä menetelmää käytetään yleensä siltarakenteissa.

Toista tapaa kutsutaan tartunnattomaksi jännitykseksi, jota työmaalla kutsutaan ns. rasvapunosiksi. Tässä tavassa punos on muovisen suojan sisällä rasvattuna. Punos voidaan asentaa suoraan muottiin ilman suojaputkea, koska punoksen ympärillä oleva rasva toimii korroosiosuojana. (Henri Lassila, 2011, 6.) Rasva vähentää myös kitkaa, jolloin punoksen jännitys onnistuu helposti. Punos jännitetään, kunnes betoni on saavuttanut rakennesuunnittelijan laskeman minimilujuuden.



Kuva 1. Tartunnaton jännite (BY 45, Betonilattia 2002, 56)

Tartunnaton jänne on muovisuojaus sisällä, joka tarttuu kiinni betoniin. Punoksen ympärillä oleva rasva vähentää kitkaa ja helpottaa punoksen jännitystä. (kuva 1)

Molemmissa tavoissa kannen vedentiiveys saavutetaan, kun punoksilla puristetaan betonia kasaan, jolloin pinta tiivistyy. Samalla saadaan vähennettyä tai poistettua kokonaan betonin kuivumisesta aiheutuvan kutistumisen halkeamia. Myös lämpötilan muutoksen aiheuttamia kutistumia ja laajentumia pystytään pienissä määrin kontrolloimaan.

3.2 Esijännitetty runko kuorilaatoista

Esijännitetty rakenne kuuluu samoihin jännitettäviin rakenteisiin kuin jälkijännitetty. Esijännitettävä rakenne koostuu elementtitehtaalla tehdyistä elementeistä, jotka jännitetään tehtaalla. Tehtaalla käytettävä tapa on tartuntajännitys. Tässä tavassa punokset jännitetään tehtaalla valmiiksi muottiin ennen betonointia. Jännepunokset leikataan irti, kun betoni on saavuttanut riittävän lujuuden. Tällöin punoksissa ollut jännitys siirtyy suoraan elementtiin. Yleisimmät jännitettävät elementit ovat kuorilaattoja ja ontelolaattoja sekä erilaiset palkit.

Kuorilaatoilla tehtävän rungon teko aloitetaan pystyttämällä yleensä elementeistä tehdyt pilarit, joiden päälle asennetaan elementtipalkit. Palkkien päälle asennetaan kuorilaatat. Kuorilaatat ja palkit esikorotetaan suunnittelijan määrittelemään esikorotukseen. Kuorilaatan pintaan tehdään raudoitukset, jonka jälkeen voidaan tehdä pinnan betonivalu. Betonivalun annetaan kovettua ennen kuin alapuolen tuenta ja korotus voidaan vapauttaa. Alapuolen tuenta ja korotus voidaan poistaa vasta, kun betoni on saanut suunnittelijan asettaman lujuuden, jolloin rakenne pääsee painumaan hiukan ja täten pinta puristuu kasaan ja rakenteesta tulee vesitiivis.



Kuva 2. Kuorilaattojen asennus (Hukkanen 2013-05-24)

Kuorilaattojen kuten myös ontelolaattojen asennus sujuu nopeasti. kuvassa (kuva 2) näkyvät kuorilaatat on ladottu noin kahdessa tunnissa. Kuorilaatat oli asennettu päivän päätteeksi kuvan oikeassa reunassa näkyvään viimeiseen palkkiin asti.



Kuva 3. Kuorilaattojen pintavalu (Hukkanen 2013-07-26)

Kuorilaatan pinnan betonointi on tehtävä poutasäällä. Kesän poutasään aikaan voi olla päivällä hellettä, joten betonointi on aloitettava aikaisin. Tällöin massantoimitus ei takkuile, koska ei ole ruuhkaa ja betoni saa rauhassa kuivua, koska ei ole vielä kuuma. Laattaa aletaan kastella noin kolmen tunnin kuluttua valusta ja kastelun jälkeen laatta muovitetaan, jotta se pysyy kosteana. Kuvassa oleva betonointi aloitettiin klo 5.00. (kuva 3)



Kuva 4. Pintavalu muovitettuna (Hukkanen 2013-07-11)

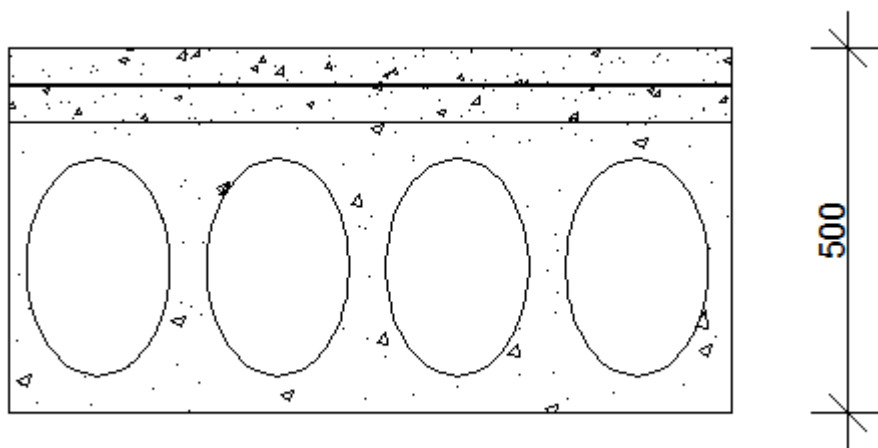
Pintavalun jälkihoitoon kuuluu sen kastelu ja muovitus. Tällöin betoni pysyy kosteana ja saa rauhas-
sa kuivua, jolloin kuivumisesta syntyvät muodonmuutokset siirtyvät rauhasraudoitukselle. Pinta-
valun muovituksen annetaan olla rauhasassa monta viikkoa ja se tulee muistaa kastella. (kuva 4) Ky-
seinen jälkihoito suoritetaan myös jälkijännitettävälle betonilaatalle. Ontelolaatan tasaus- ja pinta-
valussa jälkihoito ei välttämättä tarvita, koska laatan halkeamisella ei ole vaikutusta vedenpitävyyteen.
Tasausvalussa jälkihoitoa voidaan vaatia esteettisyyden takia.

3.3 Elementtirunko ontelolaatoista

Betonelementeistä tehtävä runko on yleinen tapa tehdä betonirunko. Sen suosio perustuu nopeaan
ja helppoon asennukseen, jolloin betonin kuivumisajat jäävät pois ja sisävalmistusvaihe voidaan
aloittaa nopeammin. Pysäköintihallin rakentaminen onnistuu nopeasti elementeistä, mutta tässä kuin
myös muissa runkovaihtoehdoissa, suunnittelun tulee olla hyvälaatuista.

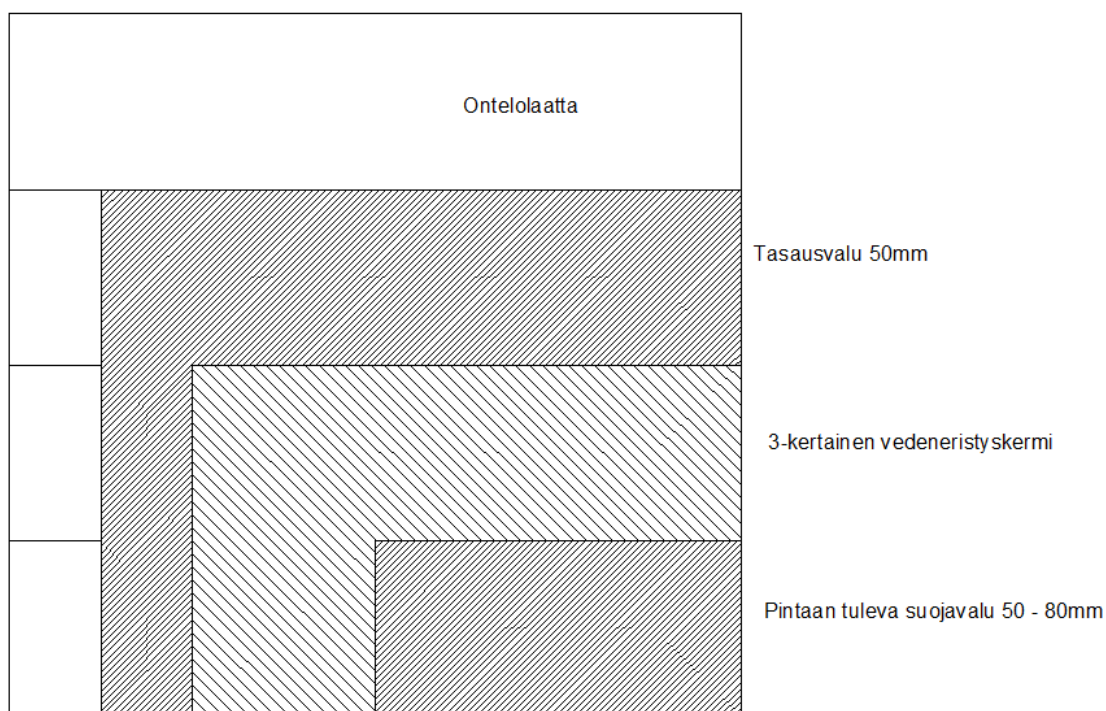
Elementtirungon teko ontelolaatoista on pitkälti samanlaista kuin kuorilaatoista tehtävä runko. Asen-
nus aloitetaan elementti pilareilla, joiden päälle asennetaan elementtipalkit. Ontelolaattojen ladonta
aloitetaan palkkien päälle. Ontelolaattojen saumat raudoitetaan rakennussuunnitelmien mukaisesti ja
muotitetaan päädyt ja sivut tarvittaessa. Myös pohjaan voi joutua tekemään paikallisia muotteja,
mikäli rakenteen muoto estää ontelolaatan käytön. Raudoittaessa tulee huomioida, ettei rautoja jää
ontelolaattojen liitos kohdan pohjalle. Muuten raudat pääsevät ruostumaan mikä heikentää raken-
netta ja värjää kattoa. Muotituksen jälkeen ontelolaattojen saumat valetaan notkealla betonilla täy-

teen. Ontelolaatan päälle on tehtävä yleensä noin 50 mm paksuinen tasausvalu, jonka päälle kiinnitetään bitumikermi vedeneriste. Tasausvalun tulee olla tasainen ja kallistusten kohdillaan, jotta vesi pääsee poistumaan rakenteesta, eikä pääse syntymään lammikoita. Vedeneristekermiä päälle pitää valaa suojakerros, joka suojaa kermiä mekaaniselta kulutukselta.



Kuva 5. Ontelolaatoista tehty välipohja (Hukkanen 2014-03-26)

Ontelolaatoista tehty välipohja koostuu kantavasta ontelolaatasta, jonka paksuus pysäköintihallissa on 400 tai 500 mm. Ontelolaatan päälle tulevasta tasausvalusta, jonka paksuus on yleensä 50 mm. Tasausvalun päälle tulee 3-kertainen vedeneristyskerros, joka suojataan pintavalulla, jonka paksuus on 50 – 80 mm. (Kuva 5 ja 6)



Kuva 6. Ontelolaataston rakenne päältäpäin katsottuna. (Hukkanen 2014-03-26)

4 RUNKORATKAISUJEN VERTAILU

4.1 Jälkijännitetty runko

4.1.1 Edut ja hyödyt

Pysäköintihallit ovat yleensä toissijaisia tiloja, joissa säilytetään kulkuneuvoja. Tällöin kustannukset halutaan pitää mahdollisimman alhaalla ja kaikki mahdollinen tila halutaan saada käyttöön. Jälkijännitetystä betonirakenteesta on monta hyvää puolta, miksi sitä suositaan varsinkin isojen pysäköintihallien rakenteena (RT 82 - 10814, 5).

Jälkijännitetyn betonirakenteen oleellisiin etuuksiin kuuluu sen hoikka rakenne ja pitkät jännevälit (Aho ym. 2005, 3). Tällainen rakenne on erittäin hyvä pysäköintihalleihin. Ohuen rakenteen takia rakennuksen kustannukset pysyvät pienenä, koska julkisivumateriaalin määrät pysyvät alhaisena, samoin kuin myös muiden rakenneosien. Jälkijännitetyn betonirungon hyötyihin kuuluu myös se, että se on suhteellisen edullinen ratkaisu. Varsinkin pysäköintihalleissa, jotka ovat suuria ja yksinkertaisia, jälkijännitys alkaa käydä edulliseksi. Tämä johtuu siitä, että materiaalimenekki on pienempi kuin muissa rakenteissa, koska rakenne on matala. Myös harjaantuminen tuo etuja työn toteutukseen. Suurissa ja toistuvissa valualueissa työntekijöille alkaa kertyä rutiinia, jolloin työt nopeutuvat ja täten rakenteesta tulee edullisempi.

Jokainen pysäköintihallissa ajanut tietää, että ne ovat ahtaat ja pilarit ovat aina tiellä. Jälkijännitetystä betonirakenteesta on kuitenkin se hyöty, että palkkien jännevälit ovat pitkiä, jolloin pilareita on vähemmän. Täten saadaan enemmän tilaa pysäköintihalliin ja kulkuneuvon pysäköiminen on helpompaa. Muita oleellisia etuuksia ovat halkeamaton rakenne, jolloin harjateräkset pysyvät suojassa korroosiota vastaan. Tällöin rakenteen käyttöikä pitenee, joka vaikuttaa huollon- ja korjaustarpeen vähentymiseen. (Aho ym. 2005, 5.)

Viimeisinä etuuksina voidaan mainita kannen vedeneristyskyky ja sen kestävyys sekä pysäköintihallin sähköistys. Kansi saadaan erinomaisesti vedenpitäväksi, kun se puristetaan kasaan. Koska laatta on yksi kokonainen rakenne ja itsessään vesitiivis, mahdollisten jälkikäteen tehtävien läpivientien ja porausten teko on turvallista. Kannen poraus voidaan tehdä rauhassa ja tiivistää jälkikäteen vesitiiviiksi, jolloin ei jää mahdollisuutta siihen, että vedentiiveys olisi vaarassa. Tämä on taas ontelolaatoissa vaarana, että joku työntekijä voi vahingossa vaurioittaa vedeneristettä, jolloin rakenteen toimivuus vaarantuu. Myös mahdollisten sähköjohtojen asennus laatan sisään onnistuu helposti verrattuna ontelolaatastoon. Tällöin johdot saadaan suojaan ja piiloon, jolloin saadaan siisti lopputulos.

4.1.2 Haitat ja heikkoudet

Myös haittoja ja heikkouksia on kyseisessä rakenteesta. Esijännitetty betonirakenne on vaativa ja erityisalan työtä, jolloin työkustannukset ovat kalliita. Täten sitä ei kannata käyttää pienissä kohteissa, joissa työn rutiininomaisuus ei tule näkyviin.

Betonirakenteita suunniteltaessa tulevat rakenteet luokitella rakenneluokkiin, joita ovat 1-luokan rakenteet, 2-luokan rakenteet ja 3-luokan rakenteet. 3-luokan rakenteissa betonin lujuusarvo saa olla enintään K20. 2-luokan rakenteissa betonin lujuus saa olla enintään K40. Tästä ylimenevät lujuudet kuuluvat 1-luokan rakenteisiin. (Rakentamismääräyskokoelma B4, 1.1, 5.) Täten myös määräytyy betonityön johtajan pätevyys. Valmistuvalla rakennusalan työnjohtajalla on pätevyyden 2-luokan rakenteisiin ja täten hän voi myös toimia 2-luokan betonityönjohtajana (Rakentamismääräyskokoelma B4, 1.2, 5.) Jälkijännitetty betonirakenne on vaativa kohde ja sen suunnitteluun, että toteutukseen tarvitaan erityistä osaamista. Tällöin se luokitellaan 1-luokan betonirakenteeksi. (Rakentamismääräyskokoelma B4 1.1, 5.)

Tämän asettaa rajoituksia työnjohdolle. 1-luokan betonityönjohtajia, joilla on FISE-pätevyys, on harvassa. Heidä on vain 641 henkilöä (Fise.fi). Tämä vaikuttaa varmasti heidän palkkaukseen ja työmarkkinoihin. He ovat haluttuja henkilöitä yrityksiin ja heistä on kilpailua työmarkkinoilla. Näin ollen yritykset, joilla ei ole suuria kohteita tai 1-luokan betonityönjohtajalle vähäistä käyttöä, ei kannata palkata kyseisen koulutuksen omaavaa henkilöä vaan tehdä rakenteen muulla tavoin.

Jälkijännitetyn rakenteen suuret alat ovat osakseen myös haitaksi sen toteuttamiselle. Työn epäonnistuminen on mahdollista, kun valetaan suuria aloja. Säätidotusten tarkkailu on tärkeää, jotta laatoja valaessa sadekuurot eivät pääse yllättämään betonointia. Jos niin käy, betonin laatu heikkenee ja voi johtaa rakenteen ennenaikaiseen sortumiseen. Rakenteen korjaaminen jälkeenpäin voi tulla kalliiksi, koska kyseessä voi olla suuret määrät, joita pitää korjata.

Työturvallisuuteen täytyy myös kiinnittää huomiota enemmän kuin muissa ratkaisuisissa. Jännitystä varten tarvitsee vuokrata työtelineitä, jotka nostavat rakentamiskustannuksia. Samoin muottityötä tehtäessä työturvallisuus täytyy olla erittäin hyvin hoidettu ja siihen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Reunalta putoamisen vaara on suuri ja irtoneaisia muottilevyjä voi olla vaarallisessa paikassa, joka voi aiheuttaa tapaturman. Putoamisvaaraa lisää myös se, että muottityö etenee koko ajan, jolloin pysyvää putoamissuojausta ei voida tehdä, vaan työntekijät joutuvat käyttämään turvavaljaita. Turvavaljaiden käyttö työntekijöiden keskuudessa on yleensä ristiriitaista. Toiset ymmärtävät oman henkensä hinnan ja käyttävät niitä, vaikkakin ne voivat hidastaa työn suorittamista. Toiset taas haluavat urakan nopeasti valmiiksi, jolloin omasta turvallisuudesta ei juurikaan piitata. Nämä henkilöt suhtautuvat välinpitämättömästi mahdolliseen uhkaan: miksi käyttää turvavaljaita, kun ennenkään ei ole käytetty?

4.2 Esijännitetty runko kuorilaatoista

4.2.1 Edut ja hyödyt

Esijännitetyn rungon etuuksia ovat ehdottomasti sen nopea ja helppo kasaaminen. Elementeistä pystytettävän rungon kasaaminen on nykypäivänä hyvin hallussa työntekijöillä ja työnjohtajilla, joten se on nopeaa.

Kuorilaattarungon hyötyihin kuuluu se, että se ei tarvitse yhtä suurta muottikalustoa, kuin paikalla valettava betonirunko. Kuorilaatat ja palkit tarvitsevat vain tuentalinjat ja -pisteet, jonka jälkeen kuorilaatta voidaan betonoida, kunhan valettava holvi on ensin raudoitettu. Täten kuorilaatasta tehtävä on nopea pystyttää, jolloin saadaan paljon valmista pintaa aikaiseksi. Kuorilaatan etuuksia ovat myös sen melko turvalliset ratkaisut. Elementtejä asentaessa asentaja tarvitsee turvavaljaat, mutta kun laatat ovat asennetut ja turvakaiteet pystytetty, voidaan holvilla kulkea ilman rajoitteita. Tämä lisää työn nopeutta ja vaivattomuutta. Kuorilaatastossa on suhteellisen ohut rakenne verrattuna ontelolaattoihin, vaikka se onkin paksumpi kuin jälkijännitetty betonirunko. Esijännitetyn ja jälkijännitetyn rungon paksuus eroaa vain 230 mm/ kerros. Tämä erotus ei tuo suuria materiaalmäärien lisäystä loppukustannuksiin, kuten yllä olevista taulukoista 1. ja 2. voidaan todeta.

Kuorilaatan vedeneristävyys on yksi hyvä puoli rakennetta verrattaessa ontelolaatastoon. Samoin kuin jälkijännitettyssä rakenteessa myös tässä rakenteessa on suhteellisen turvallista tehdä läpivientejä, ettei tarvitse pelätä vedeneristävyyden kärsivän. Tämä tuo helpotusta työnjohtajan työpäiviin, koska on yksi huolenaihe vähemmän. Kuten myös paikalla valettavassa jälkijännitettyssä rungossa, myös kuorilaatta rungossa on hyvät lähtökohdat pysäköintihallin sähköistyksen hoitamiseen. Ne saadaan siististi piiloon pintavalun alle ja siellä ne pysyvät suojassa. Sähköistys onnistuu helposti, koska ei tarvitse tehdä erillisiä ripustuksia tai hyllyköitä sähköjohtoja varten.

Etuutena voidaan pitää sitä, että työnjohtajilla ei välttämättä tarvitse olla 1-luokan betonityönjohtajan pätevyyttä. Tämä johtuu siitä, että rakenne ei ole työmaalla jännitettävä, vaan jännitys tapahtuu tehtaalla, jossa pitää olla 1-luokan betonityönjohtaja. Rakenne on 2-rakenneluokkaan kuuluva rakenne, kunhan se pysyy yksinkertaisena ja betonin lujuudet eivät nouse yli K40 (Rakentamismääräyskokoelma B4 1.1, 5.)

4.2.2 Haitat ja heikkoudet

Yhtenä heikkoutena voidaan pitää sitä, että kuorilaatta pitää tukea. Ontelolaatastoon verrattuna, jossa tuenta on lähes olematon, kuorilaatta pitää tukea lähes yhtä paljon kuin paikalla valettavaa rakennetta. Tämä tuo lisäkustannuksia kalustovuokraan ja näin ollen rakenteen hinta kasvaa. Täytyy kuitenkin muistaa, että rakenteen tuenta on vähäisempää kuin paikalla valettavassa rakenteessa ja näin ollen kuorilaatta on tässä suhteessa hyödyllinen.

Huono elementtisuunnittelu ja sen ohjaus poikii ongelmia työmaalle, mikä voidaan katsoa myös heikkoutena. Tällöin valmiit elementit voivat olla ristiriidassa, jolloin työmaalla täytyy ryhtyä ratkomaan ongelmia, mikä taas hidastaa työn suorittamista. Erilaiset korkovirheet ja muut suunnitelma puutteet, hankaloittaa työmaan rakentamista. Tärkeää olisi muistaa se, että työmaalla rakennetaan ja toimistolla suunnitellaan. Jos suunnittelu siirtyy työmaalle, voidaan aikataulusta jäädä pahasti jälkeen.

Kuorilaattojen ohutrakenne vaikuttaa myös oleellisesti sen jänneväleihin. Huonona puolena voidaan pitää sitä, että kuorilaatoilla päästään maksimissaan 10m jänneväleihin, mutta pysäköintihalleissa suositeltava jänneväli on 5 m (RT 82 - 10821, 15). Tästä seuraa, että pilarijako täytyy lyhentää, joka

taas johtaa siihen, että pilareita tulee lisää ja pysäköintihalli voi alkaa tuntua ahtaalta. Tämä on ehdottomasti heikkous verrattuna ontelolaattoihin tai jälkijännitettyyn laattaan, jolla päästään huomattavasti pitempiin jänneväleihin.

4.3 Elementtirunko ontelolaatoista

4.3.1 Edut ja hyödyt

Ontelolaatasta tehdyssä rungossa on paljon etuuksia. Se on ehkäpä suomen käytetyn välipohjaratkaisu, joten sen asentaminen ja rakenne on tuttua monelle työntekijöille. Myös asentaminen on helppoa ja täten myös nopeaa.

Ontelolaataston etuudeksi voidaan katsoa sen yksinkertaisuus. Se on nopea, helppo ja vaivaton ratkaisu työmaille, jossa on vähäistä kokemusta omaavaa työnjohtoa ja työntekijöitä. Tällöin se sopii hyvin työmaille, jossa on vasta koulusta valmistunutta työnjohtoa tai työntekijöitä ilman arvokasta työkokemusta takanaan. Yksinkertaisuus on hyödyksi myös siinä, ettei tarvitse olla 1-luokan betonityönjohtajaa. Tällöin työt voidaan johtaa nuorilla mestareilla, jolloin kokeneet mestarit voivat olla vaativammilla työmailla. Tämä on myös pienille yrityksille etuus, sillä silloin ei tarvitse etsiä 1-luokan betonityönjohtajaa tai palkata häntä pienten työmaiden takia.

Ontelolaatan vaivaton asennus näkyy myös tuenta ja muottikaluston tarpeessa. Jos muodot ovat helppoja ja suoria, on ontelolaataston asennus edullinen ratkaisu. Ontelolaatat eivät tarvitse suurta tuentaa, koska se on itsessään kantava rakenne. Muottikalustoakin tarvitaan vain, jos on vinottaisia linjoja, jolloin ontelolaatat eivät saa riittävää tukipintaan. Tällöin ontelolaattoihin jää koloja, jotka pitävät muotittajan ja valaa paikanpäällä. Ontelolaatasto on tehokas ratkaisu työmaille, jossa kohde on pieni. Tällöin jälkijännitettävän rungon rutiini ei ole voitossaan, vaan ontelolaatan yksinkertainen asentaminen ja sen yleisyys tuo sille kannattavuuden. Mikäli pysäköintihalli joudutaan rakentamaan talvella, on se helpoiten tehtävissä ontelolaatoista. Tällöin rungon kasaaminen on helppoa ja vaivatonta, eikä talvesta aiheudu suurempia kuluja. Pysäköintihalli voidaan rakentaa lähes valmiiksi, jonka jälkeen lämpimien kielten aikaan voidaan tasaus- ja suojakerros betonoida, ilman suuria kustannuksia.

Ontelolaataston määrät ovat helppoja ja nopeita laskea, jos verrataan jälkijännitettyyn runkoon, jossa punosten määrien laskeminen tuottaa oman päänsärkin, mikäli rakenne on monimuotoinen. Ontelolaatasta riittää, kun laskee neliöt ja kappalemäärät, mikäli ne ovat tiedossa. Tällöin saadaan selville koko rakenteen määrät ontelolaatasta pintaan asti selville, eikä enempää laskutoimituksia tarvita.

Ontelolaatoilla päästään varsin pitkiin jänneväleihin. Tämä on suuri etu pysäköintihallia rakentaessa. Pilarijaon kasvaessa, rakennuksesta tulee laaja ja avara, jolloin kulkuneuvon pysäköinti on helpompaa ja turvallisempaa. Pysäköintihallia rakentaessa ontelolaatoista, suositus pituus ontelolaatoille on

17 m (RT 82 - 10821, 15). Tämän suuri jänneväli mahdollistaa lähes esteettömän pysäköintitilan, joka on arvokas ominaisuus pysäköintihalleissa.

4.3.2 Haitat ja heikkoudet

Yksi haittaava tekijä pysäköintihallin rakentamisessa ontelolaatoissa on se, että sen rakenne on paksu. Pysäköintihalleissa yleensä pyritään mahdollisimman alhaiseen kerroskorkeuteen, jonka vuoksi ontelolaatta ei ole siihen tarkoitukseen sopiva (RT 82 - 10821, 13). Mikäli halutaan pitkiin jänneväleihin, jolloin pysäköintihalli on tilava, joudutaan käyttämään paksuja ontelolaattoja. Tämä aiheuttaa lisää kustannuksia julkisivumateriaaleihin, kuin myös kantaviin ja eristäviin betoniseiniin. Nämä ovat kalliita osia rakennuksessa, jolloin niiden kulutuksen kasvu näkyy myös kustannuksissa.

Toinen heikkous ontelolaatoissa on vedenpitävyyden tekeminen. Laatat itsessään eivät ole vedenpitäviä, vaan ne tulee suojata vedeltä, jotta rakenne säilyy toimivana pitkään. Vedeneristyskerroksen teko vaatii tasausvalun, jotta siitä saadaan hyvä ja kestävä, ja että vesi ohjautuu oikeaan suuntaan. Jotta vedeneristys toimisi kunnolla, tulee se myös suojata mekaaniselta kulutukselta erillisellä suojavaalulla. Täten, jos vertaamme ontelolaattaa jälkijännitettyyn rakenteeseen, on ontelolaatoissa 3 työvaihetta ylimääräistä. Molemmat holvit pitää raudoittaa ja betonoida, mutta ontelolaatassa lisäksi täytyy tehdä tasaus valu, vedeneristyskerros sekä suojavaalu.

Ontelolaatastoon on huono tehdä reikiä jälkikäteen. Tällöin on aina riskinä se, että vedeneristyskerros rikkoutuu, ja että se pääsee ajan mittaan vuotamaan. Tällöin rakenteen toimintaperiaate voi vaarantua ja mahdollisesti voi tapahtua ennenaikainen sortuminen. Tällainen tilanne voi tulla työmaalla ilmi, jos ei ole huomioitu kaikkia lävistäviä taloteknisiä osia kuten sähköistys tai viemäröinti. Vedeneriste saatetaan rikkoa yleensä sähköistyksen yhteydessä, jolloin laattaan porataan pienireikä, josta johdot mahtuvat läpi. Tämä saattaa jäädä kokonaan huomaamatta työnjohdolta kaiken muun työn ohessa eikä työntekijät aina välttämättä osaa tai jaksaa ajatella aiheuttamia seuraamuksia.

5 LOPPUTULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön tavoitteena oli vertailla runkoratkaisuja ja niiden kustannuksia. Täten voidaan todeta, että jokaisessa runkoratkaisussa on omat hyvät ja huonot puolensa. Runkoratkaisun valintaa vaikuttaa kohteen laajuus ja monimuotoisuus, yrityksen koko ja yrityksen työjohtajien ja työntekijöiden pätevyys. Voidaan sanoa myös, että vallitsevat markkinat vaikuttavat aina kunkin ratkaisun valintaan. Mikäli elementtitehtailla on huono kysyntä, voidaan ontelolaatat tai kuorilaatat saada edullisesti, jolloin rakenne kannattaa toteuttaa näillä menetelmillä. Jos taas betoniteollisuudella on huono kysyntä, on järkevämpää miettiä paikallavalettavaa jälkijännitettyä rakennetta.

Jälkijännitetty betonirunko tulee valita silloin, kun kyseessä on laajakohde, jossa työn toistuvuus alkaa näkyä ja työntekijät harjaantuu työhönsä. Erittäin pieniin pysäköintihalleihin, joissa pysäköintipaikkoja ei ole paljoa, ei ole suositeltavaa tehdä jälkijännitettyä rakennetta. Jälkijännitys on myös eduksi, kun tarvitaan pitkä jänneväljä ja matalia rakenteita, jolloin saadaan minimoitua rakennuksen korkeus ja täten myös muiden rakenteiden kustannukset. Tulee myös huomioida, että joissakin tilanteissa, rungolla ei ole muuta vaihtoehtoa, kuin jälkijännitys. Työ vaatii ammattitaitoisen ja osaan porukan, jolta työ sujuu hyvin ja lopputulos on hyvä. Myös suunnittelun on toimittava hyvin.

Kuorilaatasta tehtävä rakenne on yleensä ottaen hyvä vaihtoehto. Se on suhteellisen kustannustehokas, joka takaa edullisen rakentamisen. Se on myös hyvä valinta siksi, että se on samankaltainen kuin ontelolaatta, mutta pienempi. Tämä vaikuttaa nopeaan asennukseen ja rakennus nousee nopeasti pystyyn. Kuorilaatalla tehtävä rakenne on hyvä vaihtoehto pieniin pysäköintihalleihin, joissa rakennuksen runkoon ei kuulu muuta käyttöä kuin pysäköinti. Se on myös työturvallinen ratkaisu, jossa putoamisvaara saadaan pidettyä hyvin hallinnassa. Kuorilaattaa ei voi suositella kohteisiin, jotka ovat suuria ja laajoja, joissa jälkijännitetty betonirunko tulee edullisemmaksi.

Ontelolaatoista tehtävä runko on hyvä kohteisiin, jotka ovat pieniä ja joissa työnjohdolla ja työntekijöillä ei ole paljoa työkokemusta. Se on yksinkertainen ja helppo ratkaisu. Ontelolaataston vedeneristys on tosin riskialtis ratkaisu, koska vedeneristys kerros jää piiloon, eikä sitä voida tarkkailla, mikäli vuotoja ilmenee. Tällöin suojakuori joudutaan purkamaan ja se aiheuttaa takuuajan kustannuksia tai käytönajan kustannuksia. Ontelolaatoilla tehtävä runko sopii kohteisiin, joissa tarvitaan korkeaa kerroskorkeutta, esimerkiksi asuin- tai liiketalon yhteyteen tulevassa pysäköintihallissa. Tällöin kerrokset saadaan sopimaan yhteen mikä helpottaa suunnittelua ja lisäkorkeudesta ei ole haittaa.

Työssä tehtyjen kustannusarvioiden ja vertailujen perusteella, tämän kokoiseen pysäköintihalliin halvin ratkaisu olisi kuorilaatta runko. Kuorilaatan edullisuutta puoltaa elementtirakenteen osaaminen sekä valmistuksenpuolella, että työmaalla asennuksessa. Se on kustannustehokas ratkaisu, joka ei kohota rakennuksen korkeutta paljoa, jolloin rakenteiden kasvaessa kustannuksia syntyy vähän. Sen edullisuutta puoltaa myös se, että se on nopea rakentaa, jolloin työntekijöiden palkkakustannukset pysyvät matalina. Ontelolaatan hinta kasvoi kuorilaattaan nähden 5,44 %. Jälkijännitetyn hinta oli puolestaan 8,52 % kalliimpi verrattuna kuorilaatta runkoon. Vertailussa täytyy ottaa huomioon se,

ettei sitä voida suoraa vertailla lukuihin. Työssä käytettyjä materiaali- ja työhintoja on jouduttu arvioida, joka johtaa siihen, että toteutuskustannuksissa on virhemarginaalia. Runkoratkaisuja ei voida myöskään täysin verrata keskenään, sillä rungon rakennemuutokset vaikuttavat moneen asiaan. Runkoratkaisua valittaessa täytyy ottaa huomioon se, että rakenteen korkeuden muuttuessa, myös ajoluiskien jyrkkyys tai pituus kasvaa. Tällöin rakennusta voidaan joutua laajentamaan, mihin ei välttämättä ole mahdollisuutta. Myös aiemmin mainittu maisemakuva muuttuu. Matala rakennus on tyylikäs ja siisti ja se sulautuu mahdollisimman sujuvasti korttelikuvaan.

Työssä on käyty läpi yleisellä tasolla runkoratkaisujen vertailua. Vertailussa ei ole otettu huomioon joista pientä rakenneosaa, jotka muuttuvat, kun korkeutta tulee lisää. Näitä rakenneosia ovat mm. muurattavat väliseinät, sähköjohtojen pystyvedot ja syksytorvet. Täytyy myös huomioida se, että miten rakennuksen korkeus vaikuttaa maisemakuvaan. Työn määrä- ja kustannuslaskenta on rajattu rungon rakenteisiin anturoista alkaen. Maatöitä ei ole huomioitu.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

AHO, Tapio, VUORINEN, Pekka, VUORI, Mirva, PAHKALA, Mirja ja VUORINEN Harri 2005. Paikallavalettu jälkijännitetty pysäköintirakennus. Helsinki: Nykypaino Oy.

BETONIELEMENTTIRUNKORAKENTEET. RT 82 - 10821. [online]. Helsinki: Rakennustieto [Viitattu 2014-03-26]. Saatavissa: https://www.rakennustieto.fi/kortistot/tuotteet/RT_8862.html.stx

BETONIRAKENTEET, Suomen Rakentamismääräyskokoelma B4 2005. Ohjeet 2005. Helsinki: Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto. [Viitattu 2014-03-20] Saatavissa: <http://www.finlex.fi/data/normit/28237-B4Betoni.pdf>

Fise.fi [verkkoaineisto] [Viitattu 2014-03-22] Saatavissa: www.fise.fi Polku: fise.fi, Päteväksi todetut henkilöt, työnjohto, uudisrakentaminen, betonirakenteet, 1-luokan betonirakenteiden työnjohtaja

LASSILA, Henri 2011. Jännitettyjen rakenteiden suunnittelu- ja asennusohjeen päivitys, Metropolia-ammattikorkeakoulu, Rakennustekniikka. Opinnäytetyö. [Viitattu 2014-03-20.] Saatavissa: <https://www.theseus.fi/handle/10024/26941>

PAIKALLAVALETUT BETONIRUNKORAKENTEET. RT 82 - 10814. [online]. Helsinki: Rakennustieto [Viitattu 2014-03-26] Saatavissa: https://www.rakennustieto.fi/kortistot/tuotteet/RT_8818.html.stx

Peab.fi [verkkoaineisto] [Viitattu 2014-03-20] Saatavissa: www.peab.fi Polku: peab.fi, Peab, Peabin tarina

Suomen betoniyhdistys r.y. 2002, BY45, betonilattiat. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy

LIITE 1: MÄÄRÄLASKENTATAULUKKO

PERUSTUKSET JA ULKOPUOLISET RAKENTEET		
ANTURAT		
Muottityö, anturat, nauha+pilarit, purku ja puhdistus	239	m2
Rauditus A 500 HW, Antura, nauha, pt=5T12, haat=T8k300, sis. Tartunnat k400 l=1,9m T10	1 793	kg
Rauditus A 500 HW, Antura, pilarit, u-haat T16 9+9 l=2,5m, ymp. 3t12 l=10m	3 080	kg
Betonointi K 35-2, anturat, Nauha+pilarit	86	m3
PERUSMUURIT, PERUSPILARIT JA PERUSPALKIT		
MP-seinät, -1.krs h=4,5-5,5m, b=200mm, suurmuottityö, purku ja puhdistus	1 454	m2
Rauditus A 500 HW, 2x#8-150 (2x5,4kg/m2)	8 987	kg
Betonointi k 45-1, XC4, XF3???	146	m3
MP-seinien jälkityö, yhdeltä puolelta	727	m2
Vedeneristys/patolevy, maataavasten oleviin MP-seiniin, ulkokierrot	480	m2
Vedeneristeen suoja EPS120 50mm	480	m2
MAANVARAINEN LAATTA		
Maanvarainen lattia, h=120mm	950	m2
Rauditus MV-laatta A 500 HW 8-150, n. 5,4kg/m2 yhdellä verkolla	5 900	kg
MV-laatan Betonointi k45-1, XC3/4, XF1, XD1	114	m3
Reunamuotti, n.20m2, sis. Purku+puhdistus	42	jm
Pinnan teräshierro, sis. Luiskan ja lattian	1 069	m2
Jälkihoito, sis. Luiskan ja lattian	1 069	m2
MV-luiska, 1.krs asti, h=220mm	119	m2
Rauditus MV-luiska A 500 HW n.12,5kg/m2, MP-seinään asti, jonka jälkeen jännitettynä	2847	kg
MV-luiskan betonointi k45-1, XC3/4, XF3, XD1	44	m3
Irroituskaista + kittaus kantavan rakenteen liittymään, sisältää luiskan, ja pilarit	224	jm
ULKOPUOLISET RAKENTEET		
Jätekatos		
Muottityö, anturat, jätehuone, sis. Aidan, purku+puhdistus	16	m2
Rauditus A 500 HW, nauha,jäte+aita, pt=5T12, haat=T8k300, sis. Tartunnat k400 l=1,9m T10	494	kg
Betonointi K 35-2, anturat, jäte+aita	5	m3
Jätetilan sokkeli, muottityö, h=0,6m, purku+puhdistus	18	m2
Rauditus, #8-150, n. 5,4kg/m2x2	108	kg
Jätetilan sokkelin betonointi	1	m3
Jätehuoneen MV-laatta, h=120mm	34	m2
Rauditus jätehuoneen MV-laatta, 8-150, n. 5,4kg/m2	210	kg
Jätehuoneen lattian betonointi	4	m3
Irroituskaista + kittaus kantavan rakenteen liittymään, jätehuone	25	jm
Pinnan hierro, jätehuone	34	m2
Jälkihoito, jätehuone	34	m2
Jätekatoksen TB-seinä Suurmuottityö, purku+puhdistus	57	m2
TB-seinä rauditus, #8-150, n5,4kg/m2x2	299	kg
TB-seinä betonointi	4,5	m3
TB-seinien jälkityöt	57	m2
Seinien puutyöt		
Runko 50x100 K 600, h=3,0m, n. 30kpl, sisältää yläsidepuutyöt ja alasidepuutyöt	44	m2
Yläside 150x50 mm	15	jm
Alajuoksu, Paineekyllästetty? 50x125	15	jm
Yläjuoksu 50x100	15	jm
Lujalevy sisäpuolelle (Palovaatimus REI60)	44	m2
Tuulensuojalevy 9mm tuulensuojakipsi	44	m2
Pystykoolaus 25mm	44	m2
Panelointi, 21 UTS (Vanhemmissa taloissa UTW, vaihdetaanko siihen???)	44	m2
Kattotuolit/-vasta l=7,5m	9	kpl
Ponttilauditus, sisältää kattotuolien asennuksen ja tuennan	61	m2

Kattohuopa	61	m2
Jätehuoneen ulkoluiska+sisäänkäyntitaso	15	m2
Luiskan tukimuurin muottityö+laatan reunamuotti, purku+puhdistus	29	m2
Luiskan(4kg/m2) ja tukimuurin(2x4kg/m2) raudoitus	182	kg
Luiskan ja tukimuurin betonointi	5	m3
Pihan betoniaita muottityö, sisältää anturan 0,9x0,3, purku+puhdistus	136	m2
Pihan betoniaidan raudoitus	642	kg
Pihan betoniaidan betonointi	19	m3
RUNKO- JA VESIKATTORAKENTEET		
KANTAVAT SEINÄT JA PILARIT		
Muottityö, Pilarit -1.krs (h=3,5m) ja 1.krs (h=2,5m),purku+puhdistus	346	m2
Raudoitus A 500 HW, Pilarit, T32 8kpl, U-haati T8 k100, -1.krs ja 1.krs, sis. Tart. 4T16 l=1,2m, ylemmän kerroksen raudoituksen kevennys huomioitu	10 259	kg
Betonointi k 50-1, Pilarit -1.krs ja 1.krs, XC4, XF1???	40	m3
Pilarien betonipintojen jälkityöt	346	m2
LAATAT JA PALKIT		
Laatat		
Muottityö jälkijännitetty betonilaatta, 1.krs ja 2.krs, purku+puhdistus	1586	m2
Reunamuotti, 1.krs ja 2.krs, sis. Luiskan,purku+puhdistus	250	jm
Raudoitus A 500 HW, n.6,5kg/m2 1.krs ja 2.krs	13604,5	kg
Teräspunosta, 1.krs ja 2.krs	3520	jm
Betonointi 1.krs ja 2.krs, k50-1 XC4, XF3, XD1???	328	m3
Betonipintojen hierto	1820	m2
Betonipintojen jälkityöt	1820	m2
Luiskat		
Muottityö luiskan jälkijännitetty betonilaatta, 1.krs, purku+puhdistus	202	m2
Luiskan raudoitus A 500 HW, 6,5kg/m2	1509,95	kg
Luiskan teräspunokset	462	jm
Luiskan Betonointi, k50-1 XC4, XF3, XD1???	37	m3
Luiskan betonipintojen hierto	202	m2
Luiskan betonipintojen jälkityöt	202	m2
Palkit		
Palkkien muottityö,purku+puhdistus	458	m2
Palkkien raudoitus	13915	kg
Palkkien teräspunokset	4300	jm
Palkkien betonointi	76	m3
Betoniseinät		
Betoniseinien Suurmuottityö, rungon seinät,purku+putsaus	260	m2
Raudoitus A 500 HW, #8-150x2 (5,4kg/m2x2)	1610	kg
Betoniseinien Betonointi, K45-1, XC4, XF1???	26	m3
Betonipintojen jälkityöt	260	m2
Ullakko- ja kattorakenteet		
Eriyiskattorakenteet		
Teräspilarit, 150x150x5, 42kpl, h=2,4-9,0m (125jm)	2763	kg
SPKL 200x200	42	kpl
IPE-300 (144jm)	6065	kg
IPE-270 (116jm)	4198	kg
IPE-220 (114jm)	2987	kg
HEA-320 (15,2jm)	1484	kg
Teräspoimulevy, T130M-75L-930, 1mm, 12,66kg/m2	851	m2
Katon vesikourut sis. Jätekatoksen vesikourut	96,4	jm
Lumiesteet sis. Jätekatoksen esteet	47,8	jm
Syöksytorvet+12 kpl liitos kappaleet ja mutkat, pihan puolen katossa pitkät vaakajuoksut huomioitu	66,6	jm
Teräsrakenteet		
Törmäyssuoja, 11,8kg/m w230 ruukki, työmaalla 3 kpl 12m tarkistettava!	264	jm
Törmäyssuoja sisäkulkua	7	kpl

Törmäyssuoja ulkokulma 180 astetta	1	kpl
Luiskan kaareva törmäyssuoja	35	jm
Törmäyssuojan tolpat	120	kpl
Teräsportaat, kierre, h=6,5m, kaksi tasoa, ARVIO perustuu edellisiin U-portaisiin, asennettuna	1	kpl
Teräsportaat, U-porras lepotasolla, h=6,5m, kaksi tasoa, ARVIO Perustuu edellisiin U-portaisiin, asennettuna	1	kpl
Liikuntasaumarauta, LS2 h=140mm 55kg/m, 73jm	4015	kg
Julkisivu		
Julkisivu ritilä	488	m2
Ritilän kantava teräsrunko	488	m2
JS-levy	310	m2
LS-jevyn kantava teräsrunko	310	m2
Muuratut väliseinät		
KAHI runkopontti 300x130x198	121	m2
KAHI Runkopalkki l=1500mm, aukot l=1015, tukipinta 150mm molemmin puolin	6	kpl
Ovet		
UO-ovi EI-30, metallirakenteinen?	8	kpl
Ikkunat		
Jätehuoneen yksiläsinen ikkuna 12x4(lxh)	1	kpl